

Modélisation des exploitations en Afrique de l'Ouest

Andrieu Nadine

CIRDES/CIRAD

nadine.andrieu@cirad.fr

Objectif du Cours

- Initier les étudiants à la modélisation des systèmes avec un focus sur la modélisation des exploitations en Afrique sub-saharienne, ses intérêts et limites
- Un TD permettra de mettre en pratique un certain nombre de concepts abstraits tels que ceux de :
 - modèle conceptuel
 - validation

Résultats attendus

- Les étudiants connaissent les étapes d'élaboration d'un modèle
- Les étudiants sont capables d'élaborer un modèle conceptuel (étape initiale de l'élaboration d'un modèle)
- Les étudiants sont capables de comprendre un article scientifique traitant de questions de modélisation

Plan

- Pré-requis :
 - Qu'est ce qu'un modèle ?
 - Rôle de la modélisation en agronomie ?
 - Etapes de construction d'un modèle ?
 - Différentes techniques de modélisation ?
- Zoom sur les questions traitées par 3 modèles d'exploitation en Afrique
- Zoom sur le modèle Cikedà développé pour des exploitations de l'Ouest du Burkina
- *Exercice pratique 1*
- *Exercice pratique 2*

Pré-requis : Qu'est ce qu'un modèle

Une représentation simplifiée de la réalité

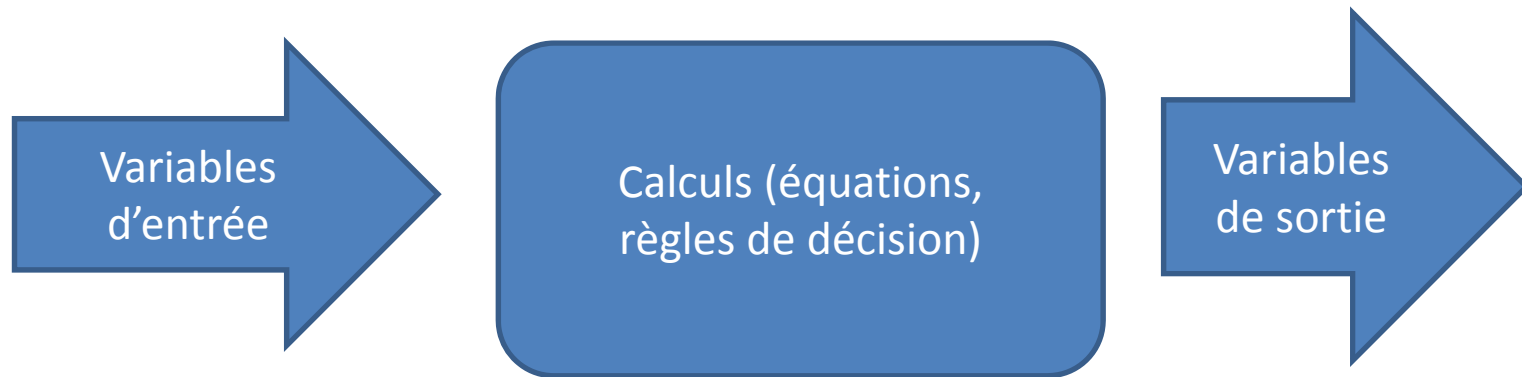


Tester une multitude de scénarios



- Un outil au service d'une problématique agronomique

Dans le cas d'un modèle numérique :

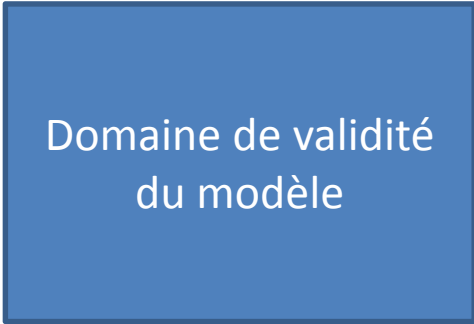


Intérêts et limites

Intérêts	Limites
Tester une multitude de scénarios	Limite des connaissances existantes pour simuler tout ce que l'on souhaite
Rapidité d'analyse	Coût d'acquisition des données de base pour paramétrer et faire fonctionner les modèles

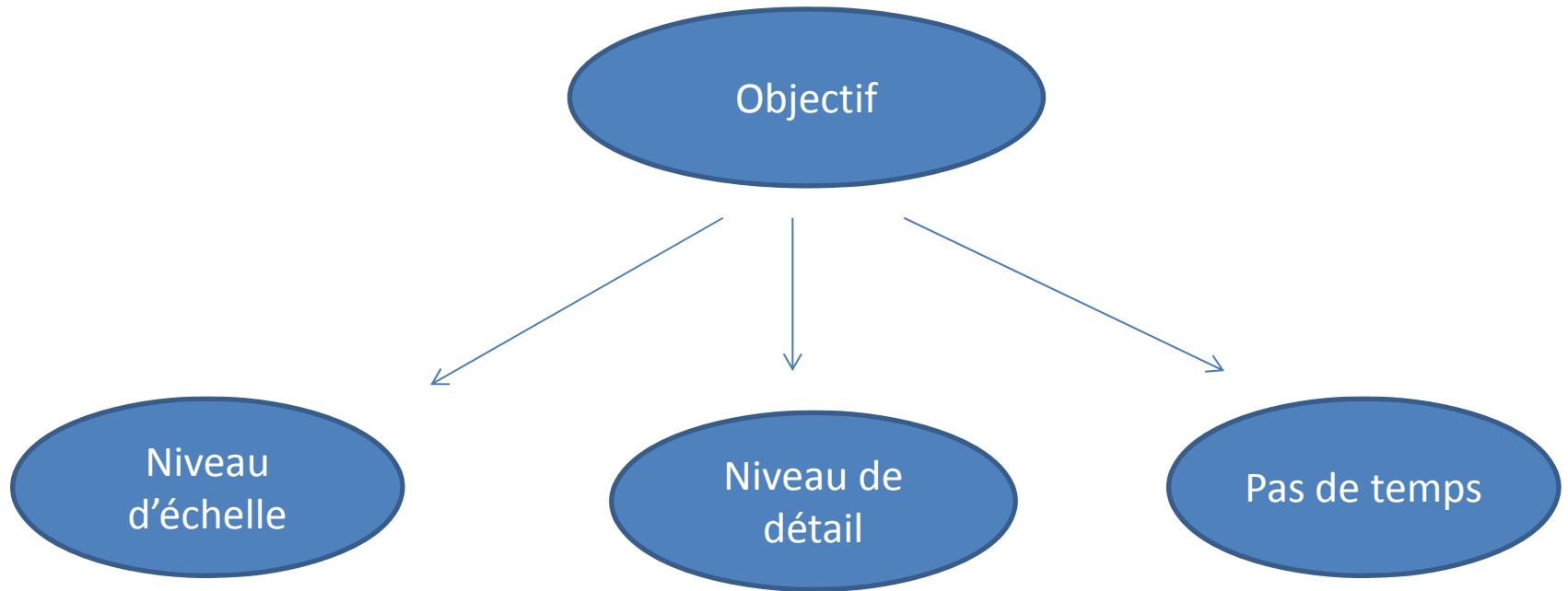
Caractéristiques d'un modèle

- Objectif et finalité
- Niveau d'abstraction/d'échelle
- Niveau de détail
 - aussi simple que nécessaire (Sinclair et 1991)
- Pas de temps/échelle de temps
- Technique de modélisation

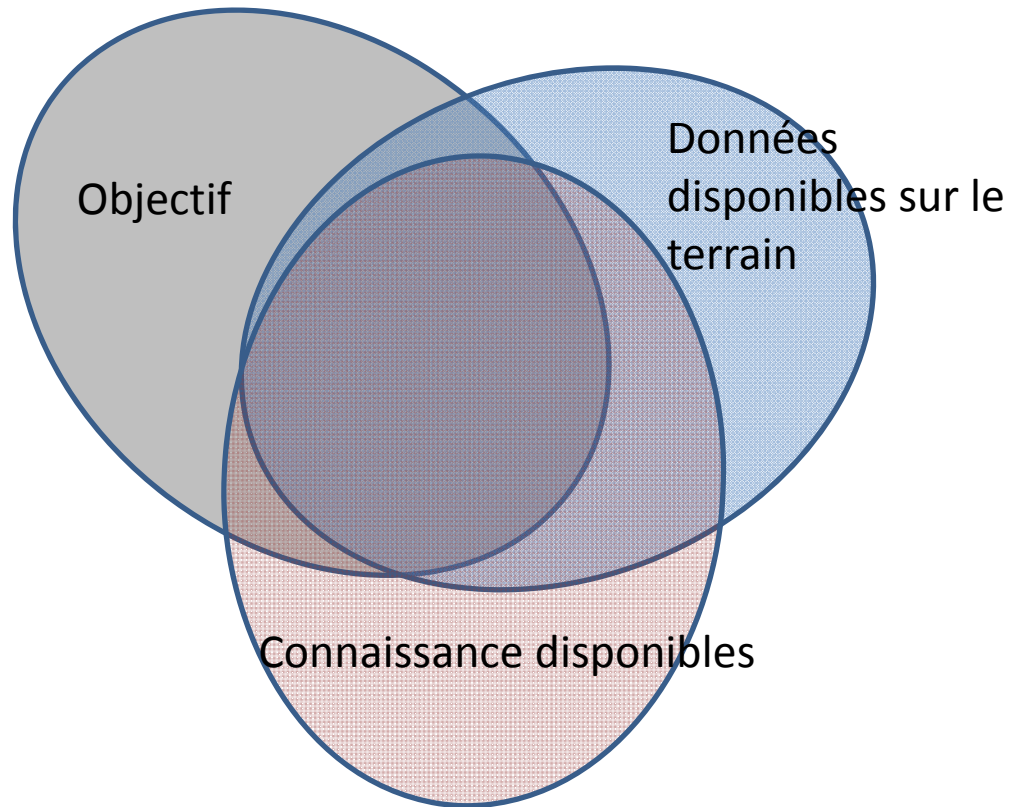


Domaine de validité
du modèle

Caractéristique d'un modèle



Le dilemme du modélisateur



Pré-requis : Différentes finalités de l'étude

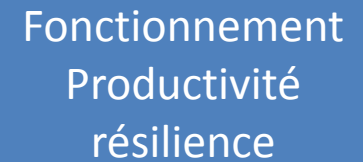
- Outil de recherche
 - Explorer différentes hypothèses/Complémentaire à l'expérimentation classique
 - Synthétiser les connaissances scientifiques/mettre en évidence des questions de recherche futures
- Outil d'accompagnement avec les acteurs pour la prise de décision:
 - Evaluation d'impacts d'options techniques, de politiques publiques
 - Planification des décisions
- Outil de formation des acteurs:
 - Sur le fonctionnement des systèmes
 - Sur des thèmes techniques

Différents types de modélisation

- Optimisation/simulation
 - Optimisation : maximisation d'une ou plusieurs fonctions sous contraintes
 - Simulation : analyse de la dynamique/changements d'états d'un système

Pré-requis : différents niveaux d'échelle

- Des modèles à différentes échelles pour différentes questions :
 - Système de culture/peuplement végétal
 - Animal/troupeau
 - **Exploitation :**
 - Interface du biophysique et décisionnel
 - Analyse :
 - Articulations entre les différentes activités au sein de l'exploitation
 - Compétitions pour l'allocation des ressources productives
 - Conditions d'adoption des technologies
 - Village ou territoire : interactions entre acteurs, évolution démographique, paysage



Fonctionnement
Productivité
résilience

Pré-requis : différents techniques de modélisation en lien avec l'objectif

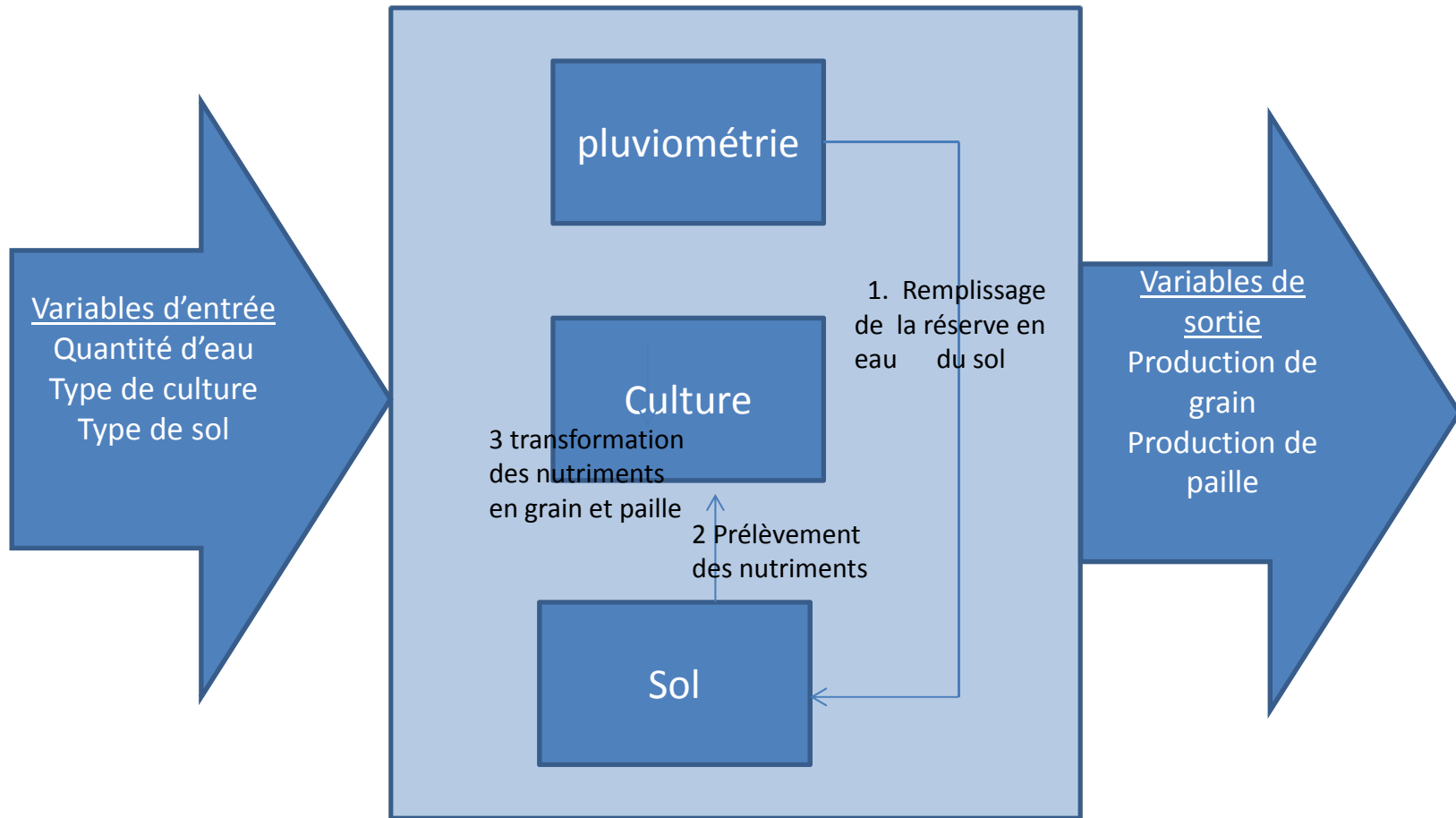
- A choisir par l'informaticien en lien avec les questions à traiter:
 - Déterministe/stochastique:
 - Déterministe : pas de prise en compte de l'aléa
 - Stochastique: prise en compte de l'aléa
 - Analytique/formalisme par objet:
 - Une ou plusieurs équations
 - Décomposition du réel en classes décrites par des caractéristiques et de fonctions

Pré-requis : Etapes de construction d'un modèle

- Diagnostic initial
- Définition de l'objectif du modèle
- Élaboration du modèle conceptuel : quels éléments du réel on considère ?
- Développement informatique du modèle : *facultatif*
- Vérification du modèle
- Paramétrage du modèle
- Validation du modèle : *facultatif mais important*
 - À dire d'acteur
 - En comparant les sorties du modèle à la réalité : données mesurées en station...
 - En analysant le fonctionnement du modèle : analyse de sensibilité
- Utilisation du modèle



Exemple de modèle conceptuel

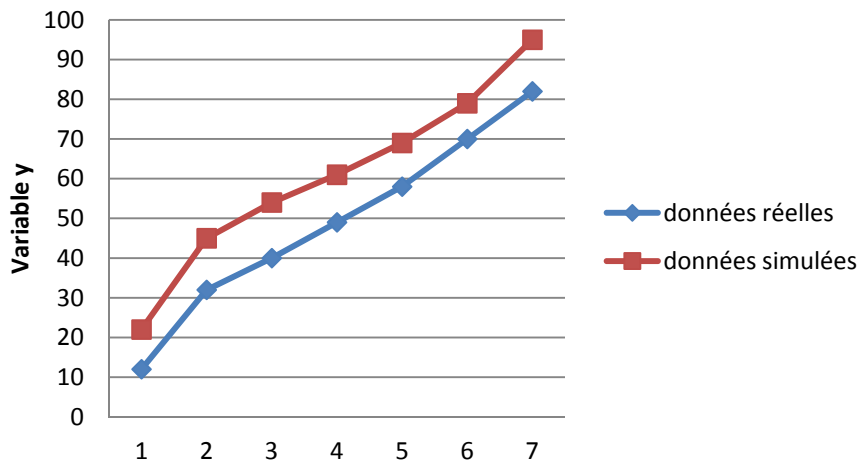


Le modèle doit pouvoir rendre compte des relations 1, 2, 3

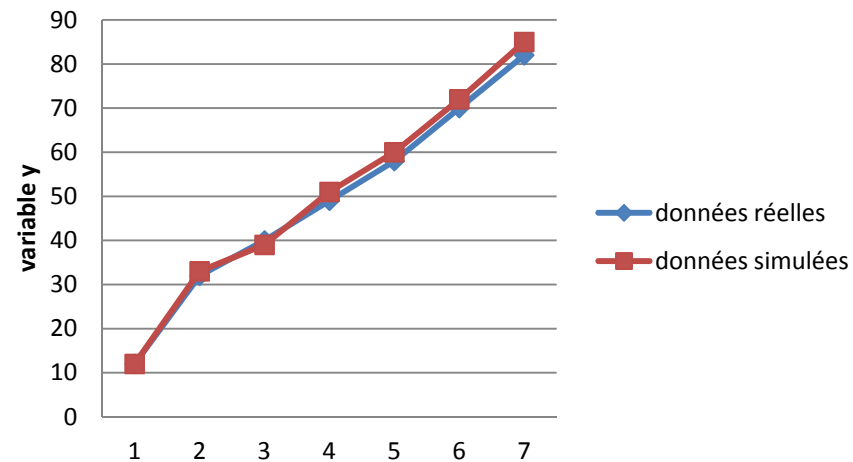
Plusieurs facteurs volontairement non pris en compte: rayonnement, enherbement....

Validation numérique ou quantitative du modèle

Le modèle surestime la variable



Le modèle est valide



Nécessité de se fixer un seuil au-delà duquel on estime qu'il y a erreur : par exemple si plus de x % de variation entre données réelles et données simulées on estime qu'il y a erreur et que le modèle n'est pas valide

Validation à dire d'experts

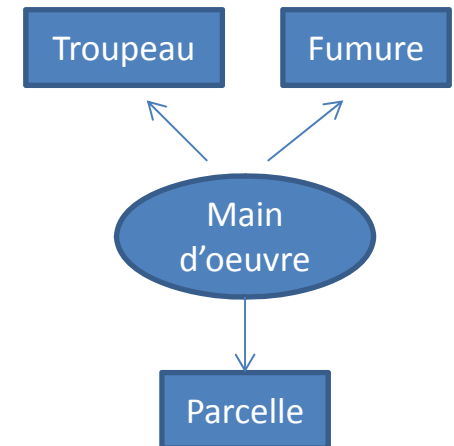
- Choisir un panel d'experts
- Leur présenter le modèle
- Leur demander si les sorties du modèle correspondent à leur connaissance de la réalité
- Là aussi il faut définir des seuils à partir desquels on valide ou non le modèle (ex. si nb d'experts satisfaits $>$ à la moitié alors le modèle est valide, si écarts entre variables estimées par les experts et celles estimées par le modèle inférieur à $x\%$ alors le modèle est valide)

Zoom sur les questions traitées par 3 modèles d'exploitation en Afrique

Source	Technique de modélisation	Finalité	Objectif
Odulaja and Kiros, 1996	analytique	recherche	Analyser les interrelations entre les facteurs de production
Okoruwa et al., 1996	Optimisation	recherche	Analyse de l'intégration entre systèmes de culture et d'élevage
Van Wijk et al., 2009	Simulation	recherche	Efficienne d'utilisation des engrais et de l'eau pour différents systèmes de culture

$$Y = f(T)g(E)h(G)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_{\text{ax}} \mathbf{F} &= \sum_i \mathbf{B}_i \mathbf{x}_i \\ \sum_i \mathbf{a}_{ki} \mathbf{x}_i &\leq \mathbf{b}_k \\ \mathbf{x}_i &\geq 0 \end{aligned}$$

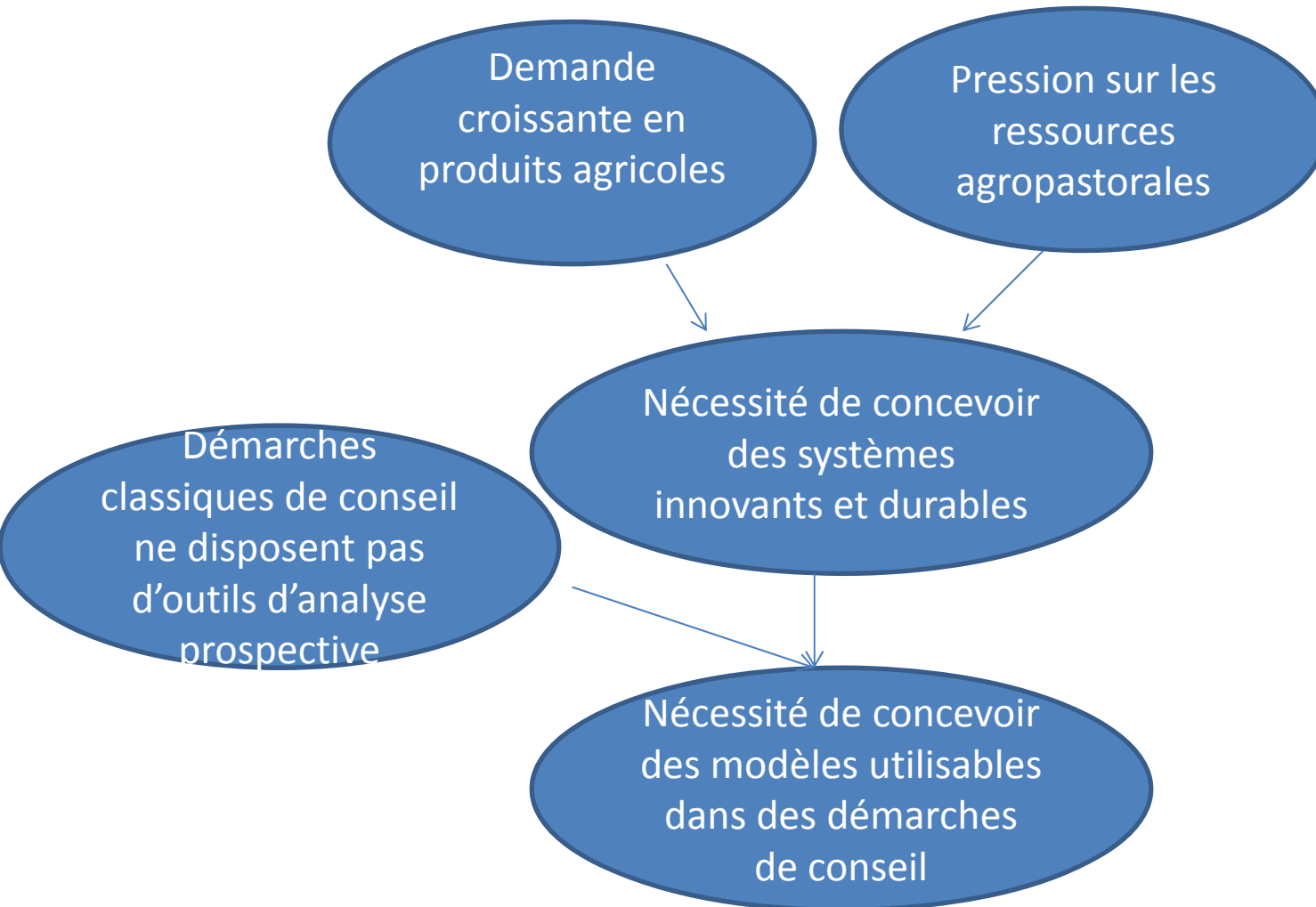


Zoom sur le modèle cikedà
développé pour l'accompagnement
de producteurs de l'Ouest du
Burkina Faso

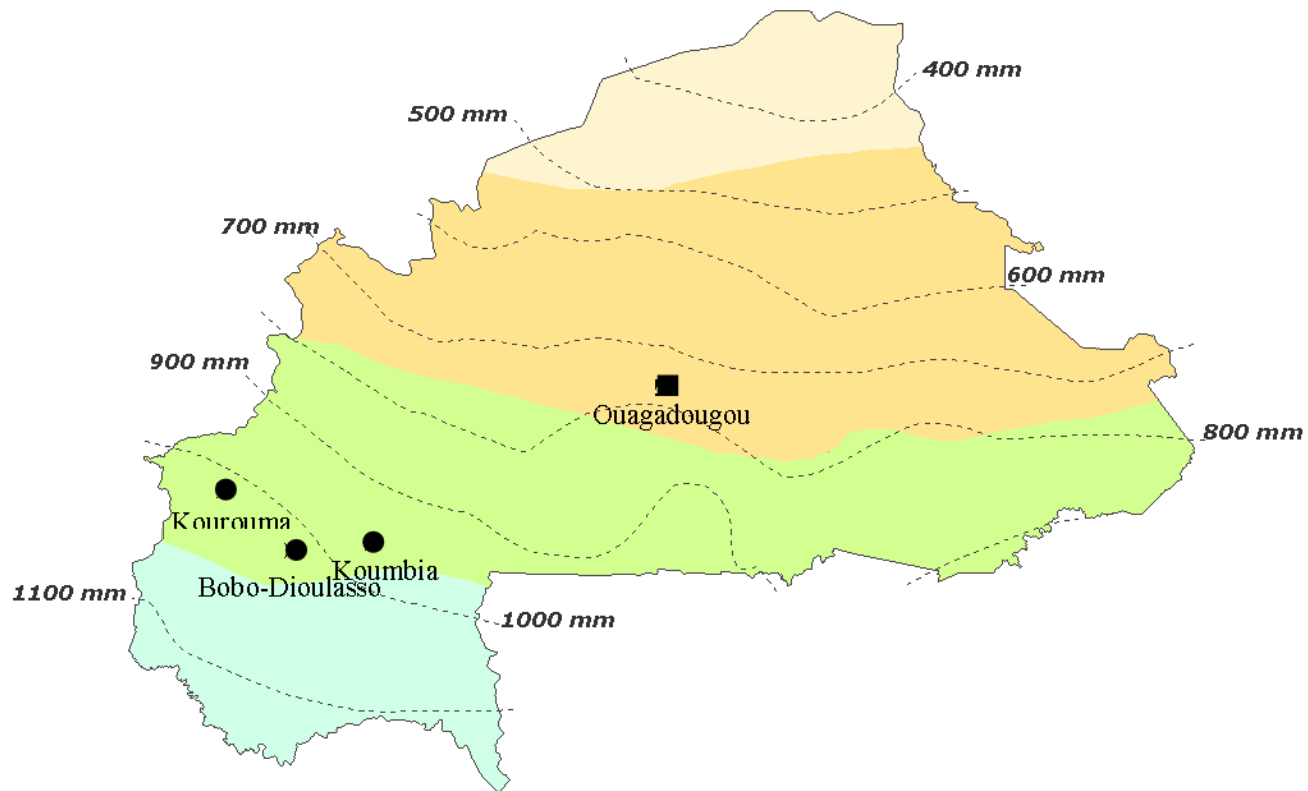
Son domaine de validité, les étapes
de sa construction, son modèle
conceptuel, son utilisation

Contexte de la recherche

- Zone cotonnière



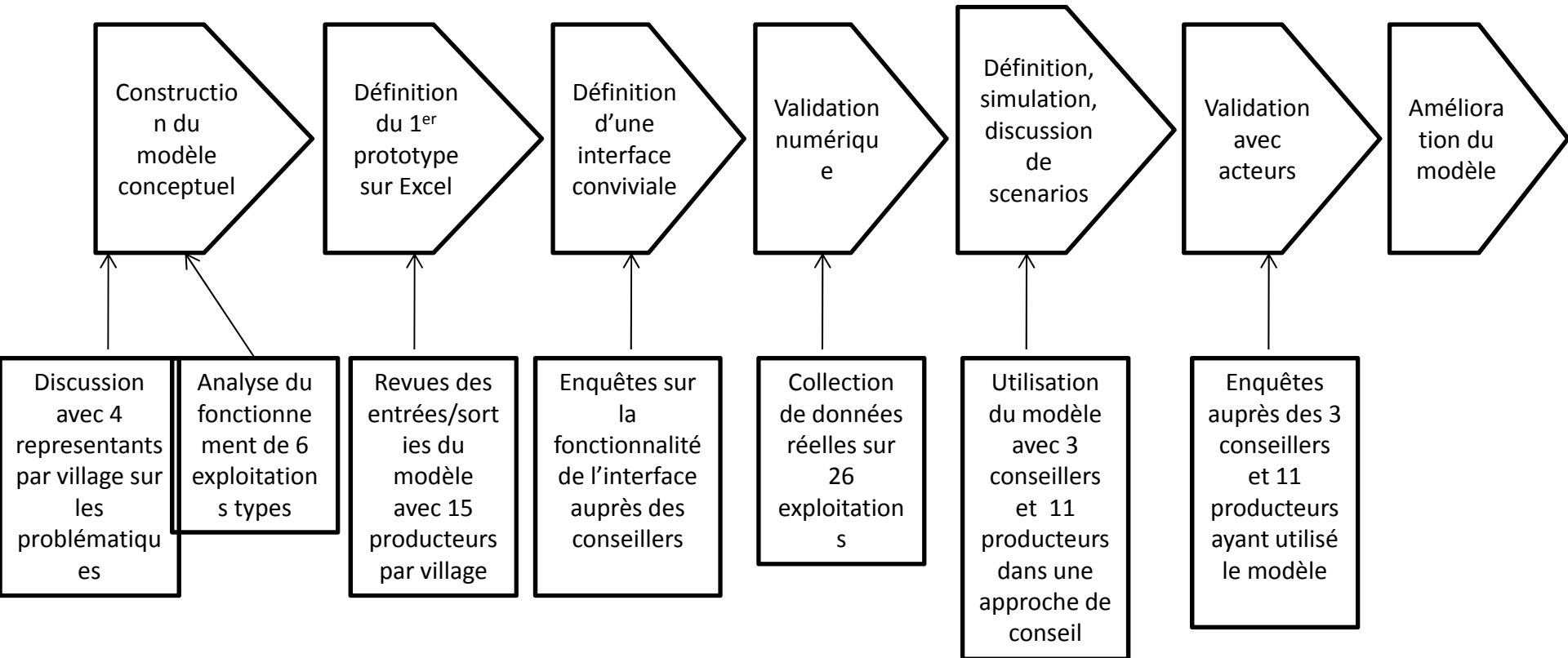
Zone d'étude



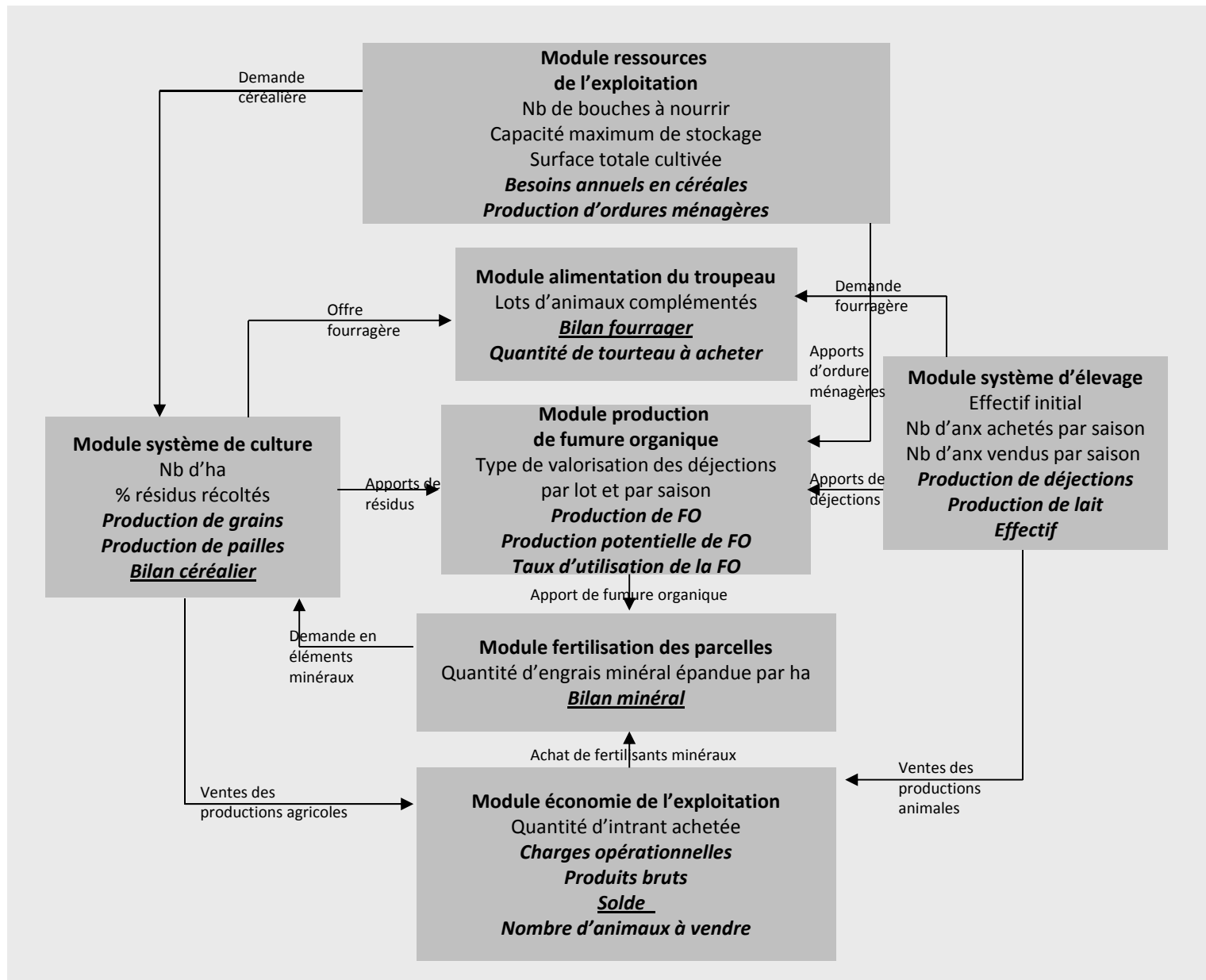
Le modèle Cikeda : domaine de validité

- Objectif : outil de dialogue entre un producteur et un conseiller pour aider le producteur à évaluer différents scénarios d'évolution de son exploitation
- Niveau d'abstraction : exploitation
- Pas de temps : saisonnier en considérant les flux de ressources durant 3 saisons de l'année
- Niveau de détail : faible car devant être renseigné par un producteur aidé de son conseiller
- Finalité de la modélisation: simulation
- Technique de modélisation : modèle déterministe

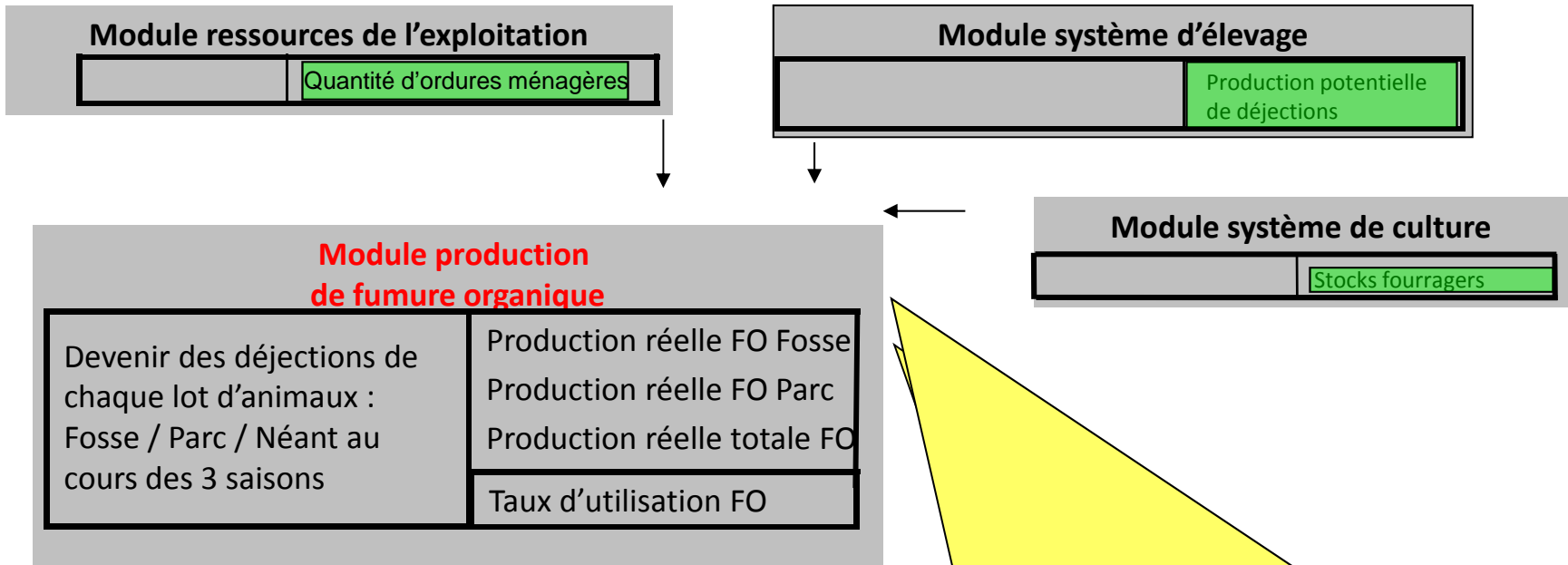
Démarche générale de construction et d'utilisation du modèle



Structure du modèle conceptuel



Développement informatique



Production annuelle réelle FO fosse:

$$= \text{Nombre UBT} \times \text{Quantité de déjections par nuit par UBT} \times \text{Nombre de jours} \times (1 - \text{Taux de perte de FO}) + \text{Taux de perte de FO} \times \text{Stocks fourragers} + \text{Quantité annuelle d'ordures ménagères produites}$$

$$< \text{stock maximum de FO dans fosse}$$

Pro
$$\text{Stocks fourragers} \times \text{Taux de perte FO} + \text{Quantité d'ordures ménagères}$$

. Si pas de fosse :
$$= \text{Production réelle totale FO} / \text{Production potentielle de déjections} \times (1 - \text{Taux de perte})$$

$$\text{Production annuelle réelle totale} = \text{Production annuelle réelle Fosse} + \text{Production annuelle réelle Parc}$$

Entrées et sorties du modèle

Entrées	Sorties
Variables structurelles Variables décisionnelles d'ordre stratégique d'ordre tactique Variables de prix (intrants/produits)	Bilan minéral Bilan fourrager Bilan céréalier Revenu

Interface du modèle

Simulateur d'Exploitation de Polyculture-Elevage

Fichier Affichage Style ?

CIRAD CIRDES INERA Cikeda Exploitation CORUS Coopération pour la recherche universitaire et scientifique

Ressources d'Exploitation Système d'Elevage Système de Culture Ration

Informations Produc...

Nom
sawadoqo

Prénom(...
issa

Village
Koumbia

Valider Annuler

Famille

Nombre de bouches à... 10

Nombre d'actifs 5

Parcellaire

Surface totale cultivée 7,00 en ha

Equipements

Nombre de charrues 2

Nombre de tracteurs 0

Nombre maximum de charrettes (petit... de fumure organique que la fosse peu... 40

Nombre maximum de charrettes (petit... de paille que l'exploitant peut stocker 30

Lancer Annuler

Simulation 1

Validation

- A dire d'acteur, Interroger les producteurs sur
 - les écarts entre les sorties du modèle et leur connaissance de la réalité
 - l'utilité du modèle
 - Les difficultés d'utilisation
 - L'impact sur leurs pratiques et connaissances

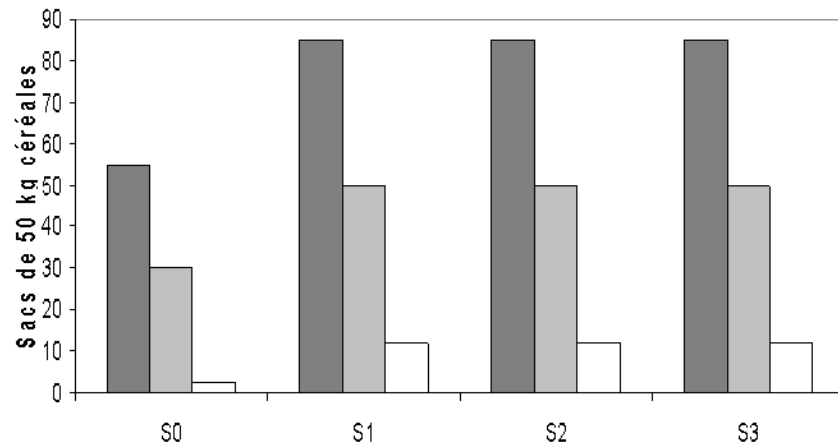
Exemple d'utilisation avec un producteur

Démarche d'utilisation avec les acteurs

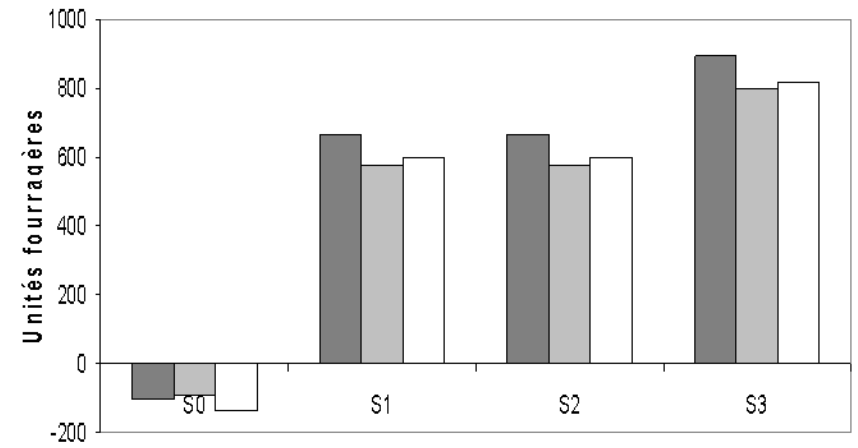
	Description	Concepteur
S1	Scénario de base : evaluation de la campagne passée	Producteur
S2	Projet pour la campagne future	Producteur
S3	Projet amélioré pour la campagne future	Producteur
S4	Projet amélioré à plus long terme	conseiller

Entrées	S0			S1			S2			S3		
	Situation de départ			Extension de surface			Fumier de fosse			Vente d'animaux		
Nombre de bouches à nourrir	8			8			8			8		
Capacité de stockage des fourrages (<i>en charrettes</i>)	5			25			25			25		
Capacité de stockage du fumier (<i>en charrettes</i>)	30			30			30			30		
Surface totale cultivée (<i>en ha</i>)	5			7,5			7,5			7,5		
Surface de coton (<i>en ha</i>)	2			2			2			2		
Surface de maïs (<i>en ha</i>)	2,5			3			3			3		
Surface de sorgho (<i>en ha</i>)	0			1			1			1		
Surface de cultures secondaires (<i>en ha</i>)	0,25			1			1			1		
Surface de cultures fourragères (<i>en ha</i>)	0,25			0,5			0,5			0,5		
Proportion de résidus de maïs récoltés (<i>en %</i>)	25			50			50			50		
Proportion de résidus de sorgho récoltés (<i>en %</i>)	0			50			50			50		
Proportion de résidus de cultures secondaires récoltés (<i>en %</i>)	0			75			75			75		
Nombre de bovins de trait au début de l'hivernage	2			3			3			3		
Nombre global de BE (sauf BdT et d'embouche)	0			0			0			0		
Nombre de petits ruminants au début de l'hivernage	4			6			6			6		
Achats de bovins de trait	1			0			0			0		
Ventes de bovins de trait	0			0			0			1		
Achats de petits ruminants	0			0			0			0		
Ventes de petits ruminants	0			0			0			3		
Animaux complémentés en saison sèche chaude	Tous			Tous			Tous			Tous		
	saisons de récolte des déjections			R	C	H	R	C	H	R	C	H
Lots d'animaux dont les déjections sont récoltées dans la fosse	Bovins de trait									×	×	×
	Petits ruminants									×	×	×
Lots d'animaux dont les déjections sont récoltées sous forme de poudrette de parc	Bovins de trait			×	×	×	×	×	×			
	Petits ruminants			×	×	×	×	×	×			
Réserve de maïs en cas d'aléas (<i>en sacs</i>)	10			15			15			15		
Coût des semences (<i>en Fcfa</i>)	8820			5120			5120			5120		
Amortissement des équipements (<i>en Fcfa</i>)	13000			9000			9000			9000		
Nombre de journées payées à une main d'œuvre extérieure	82			123			123			123		
Quantité d'herbicides achetés (<i>en litres</i>)	4,5			18			18			18		
Quantité d'insecticides achetés (<i>en litres</i>)	10			10			10			10		

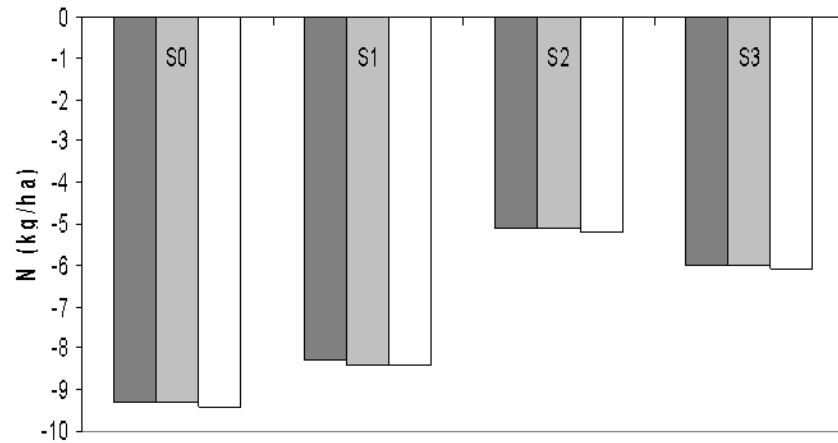
a) Bilan céréalier



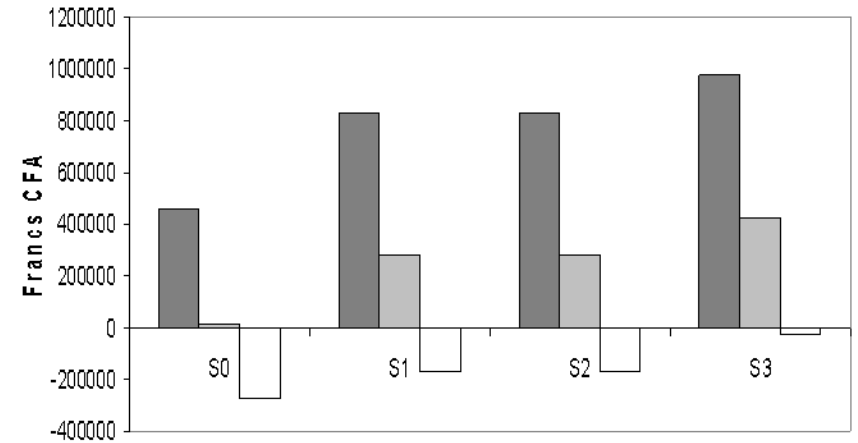
b) Bilan fourrager



c) Bilan N sur le maïs



d) Solde économique



TD 1: Exercice pratique 1

- Jeux de rôle : conseiller/producteur
 - Décrivez une exploitation virtuelle
 - Décrivez et analysez différents scénarios de changement pour cette exploitation
- Validation à dire d'acteur du modèle

TD 2: Exercice pratique 2:

- Elaborer le modèle conceptuel d'une exploitation de l'Ouest du Burkina Faso :
- Schématiser les principales relations entre les composantes de l'exploitation
- Décrivez les sorties du modèle
- Décrivez les entrées du modèle
- Proposez des équations simples reliant entrées et sorties